

Авторефер.

Б 53

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

БЕССАРАБ АЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ

УДК 661.434.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ  
ТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ  
ДЛЯ СОЛОДОСУШИЛОК

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых  
производств

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1988

Работа выполнена в Киевском технологическом институте пищевой промышленности.

Научный руководитель

- доктор технических наук,  
профессор В.А.Домарецкий

Официальные оппоненты

- доктор технических наук,  
профессор В.З.Геллер

- кандидат технических наук,  
доцент А.М.Гавриленков

Ведущее предприятие


- Всесоюзный научно-исследовательский институт новых видов пищевых продуктов и добавок (г.Киев)

Защита состоится "30" июня 1988 года в 13<sup>00</sup> час.  
на заседании специализированного совета К 068.35.02 в  
Одесском технологическом институте пищевой промышленности  
им.М.В.Ломоносова, 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан "27" мая 1988 года.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук,  
доцент



Д.И.Карнаушенко

Поверніть книгу не пізніше  
зазначеного термін

ОНАХТ

07.04.11

Разработка высокоэфф



v016457

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. "Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" и Продовольственная программа СССР предусматривают увеличение объемов производства и улучшение качества многих пищевых продуктов, что требует дополнительных энергетических затрат. В связи с этим возрастает важность положений Энергетической программы СССР, где планируется внедрение энергосберегающего оборудования и повышение уровня использования вторичных ресурсов. Большую часть производимого в УССР ячменного солода сушат теплоносителем, полученным в контактных теплогенераторах смешением атмосферного воздуха с продуктами сгорания природного газа. Повышенное содержание в таком теплоносителе оксидов азота обуславливает образование в солоде канцерогенных веществ. В связи с тем, что утилизация теплоты сушильного агента при сушке солода не производится и около 70% его теплового потенциала не используется, удельные затраты теплоты на сушку неоправданно высокие (до 5,9 ГДж/тонну солода).

Актуальность работы обусловлена необходимостью изыскания эффективных методов снижения содержания канцерогенных веществ в солоде и повышения технико-экономических показателей процесса сушки.

Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ, утвержденных постановлениями Госплана УССР №4 от 28.01.1981 г. "Создать установку для подготовки сушильного агента" и №88 от 29.02.1985г. "Разработать и внедрить способы использования возобновляющих источников тепла в пивобезалкогольной промышленности".

Цель работы. Научное обоснование и разработка высокоэффективных тепловентиляционных систем для подготовки сушильного агента, обеспечивающих снижение содержания канцерогенных веществ в солоде до нормируемых пределов при наименьших затратах энергии на процесс сушки.

Научная новизна работы:

- обоснованы предельные значения концентраций оксидов азота в сушильном агенте;

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. В. Д. Ковалюка

БИБЛИОТЕКА

- установлены закономерности процессов образования канцерогенных веществ в солоде при сушке теплоносителем, содержащим оксиды азота;
- определены закономерности образования оксидов азота в продуктах сгорания газа с высокими избытками первичного воздуха;
- определены закономерности процессов образования оксидов азота на горячих металлических поверхностях;
- установлены закономерности тепло- и массообмена при утилизации теплоты отработавшего сушильного агента;
- установлены причины образования канцерогенных веществ в солоде на предприятиях УССР.

#### Практическая ценность и реализация результатов работы.

Установлены и утверждены нормы содержания канцерогенных веществ в солоде. Разработана высокоэффективная тепловентиляционная система с теплогенераторами для подготовки сушильного агента контактного и рекуперативного типа и теплообменниками-утилизаторами теплоты отработавшего сушильного агента, обеспечивающими минимальные концентрации оксидов азота в продуктах сгорания и сушильном агенте. Теплообменник-утилизатор внедрен на Киевском пивзаводе "Оболонь". Разработана надежная методика расчета теплообменников-утилизаторов. Теплогенераторы рекуперативного и контактного типа (6 шт.) внедрены на Бердичевском солодовенном заводе. Экономический эффект от внедрения опытно-промышленной партии теплогенераторов составляет 113 тыс.руб. в год. Разработанные рекомендованы Госагропромом СССР и Минздравом СССР для широкого внедрения.

Апробация работы. Материалы работы доложены на научных конференциях Киевского ордена Трудового Красного Знамени технологического института пищевой промышленности (1984...1988 гг.); Всесоюзных научно-технических конференциях (Рязань, 1983 г.; Полтава, 1984 г.; Киев, 1985 г.); Всесоюзном симпозиуме (Таллин, 1984 г.); выставке "Ученые вузов - Продовольственной программе" (Киев, 1985 г., ВДНХ УССР); Республиканской научно-технической конференции (Черкассы, 1987 г.).

Публикация результатов. По материалам диссертации опубликовано пять работ, получено авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, включающего 174 наимено-

вания, в том числе 81 на иностранных языках, и 15 приложений. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста и содержит 30 рисунков, 6 таблиц.

На защиту выносятся научное обоснование тепловентиляционных систем для подготовки сушильного агента и их элементов с оптимальными технико-экономическими характеристиками, обеспечивающими нормируемое содержание канцерогенных веществ в солоде.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе показана возможность повышения эффективности процесса сушки солода путем использования тепловентиляционных систем, включающих экономичные теплогенераторы для подготовки сушильного агента с нормируемым содержанием диоксида азота и теплообменники-утилизаторы теплоты отработавшего теплоносителя. Определено, что для научного обоснования предельных значений концентраций в сушильном агенте диоксида азота необходимо установить закономерности процессов поглощения его слоем солода и образования нитрозодиметиламина (НДМА). Установлено, что для уменьшения концентраций оксидов азота в продуктах сгорания наиболее перспективным является метод снижения температуры факела пламени путем организации процесса горения газа по кинетическому принципу с большими избытками воздуха. Для разработки огневых калориферов необходимо установить зависимости образования оксидов азота на нагретых металлических поверхностях.

Показана необходимость разработки более экономичных конструкций теплообменников для утилизации теплоты отработавшего сушильного агента на основе использования стеклянных теплообменных труб, а также необходимость установления закономерностей теплообмена при конденсации пара из низкотемпературной паровоздушной смеси и разработки методики расчета предложенных конструкций рекуперативных теплообменников-утилизаторов.

Во второй главе описаны объекты, программа и методика экспериментальных исследований процессов поглощения оксидов азота слоем солода и образования НДМА. Для определения предельно-допустимых концентраций оксидов азота в сушильном агенте опыты проводили на лабораторной установке (рис.1), моделирующей процесс сушки солода в плотном слое. Установка снабжена системой искусственного дозирования оксидов азота и приборами для измерения параметров сушильного агента. Концентрации окси-

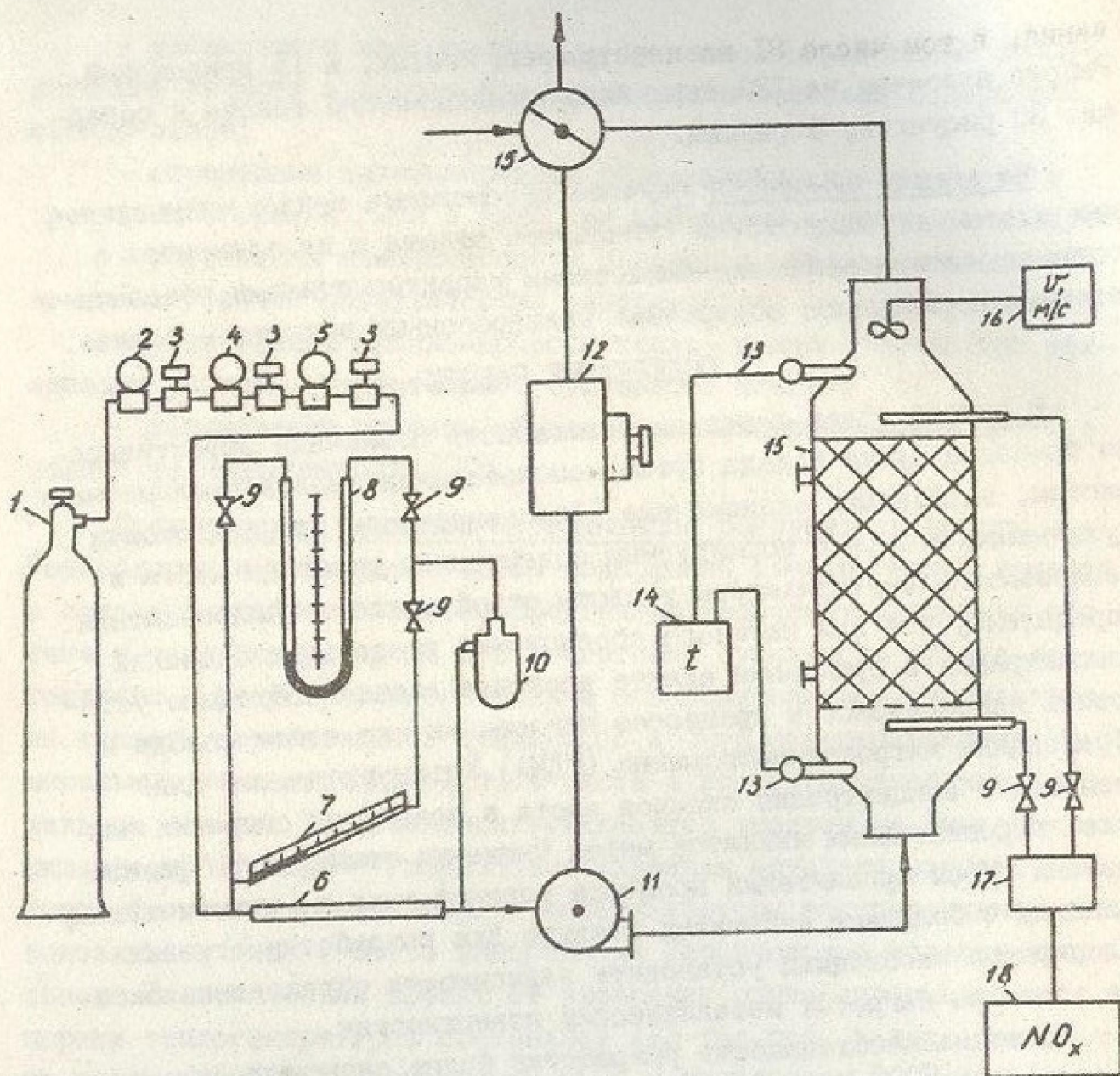


Рис. I. Схема экспериментальной установки для сушки солода с дозированием оксидов азота: I - баллон с  $NO_x$ ; 2 - манометр (10 МПа); 3 - редукторы; 4 - манометр (0,3 МПа); 5 - манометр (0,03 МПа); 6 - капилляр; 7 - микроманометр; 8 - манометр; 9 - вентиль; 10 - предохранительный сосуд; 11 - вентилятор; 12 - электрокалорифер; 13 - термометры сопротивления; 14 - измерительный мост; 15 - солод; 16 - анемометр; 17 - адсорбер; 18 -  $NO_x$ -анализатор.

дов азота определяли газоанализатором типа 645-ХЛ-01, в основу которого положен хемилюминисцентный метод определения  $NO$ . Анализ образцов проб солода на содержание НДМА проводили в ла-

боратории инструментальных методов анализа института питания АМН СССР с помощью высокочувствительного газхроматографо-термохемилюминисцентного метода. Концентрации нитритов и нитратов в солоде и его влажность определяли по стандартным методикам.

Проведено три серии опытов для режимов, имеющих место при сушке солода в производственных условиях (время сушки 12, 20 и 30 ч.). Изменение концентраций диоксида азота на входе сушильного агента в слой солода составляло 0,1...0,6 мг/м<sup>3</sup>.

Количество диоксида азота, введенное в слой (из расчета на 1 кг солода) определили по формуле:

$$G_{NO_2}^{введ} = \frac{1}{G_c} \int_0^{\tau} C_{NO_2} V \tau d\tau.$$

Количество диоксида азота, поглощаемое солодом, составляет

$$G_{NO_2}^{погл} = \frac{1}{G_c} \int_0^{\tau} (C_{NO_2}^{вх} - C_{NO_2}^{вых}) V \tau d\tau.$$

На основе расчета построены графики, позволяющие установить количественные зависимости процессов поглощения оксидов азота слоем солода и образования в нем НДМА. В качестве примера на рис. 2 представлены графики сушки солода продолжительностью 12 часов с концентрацией  $NO_2$  в сушильном агенте 0,6 мг/м<sup>3</sup>.

За весь период сушки поглощается 35...50% введенного в слой диоксида азота. Сорбция осуществляется влажным солодом с образованием в нем азотистой кислоты и продуктов ее распада, что подтверждается ростом концентраций нитритов и нитратов в солоде с течением процесса сушки. Во время первой стадии сушки, когда в солоде большое количество свободной влаги, поглощается до 85%  $NO_2$ . Во второй стадии сушки, когда влажность солода меньше максимальной гигроскопической, зона испарения влаги перемещается внутрь зерен и интенсивность поглощения диоксида азота снижается. Незначительное увеличение разности концентраций  $NO_2$  в сушильном агенте при прохождении его сквозь слой солода в конце сушки свидетельствует о частичном восстановлении диоксида азота до  $NO$  в этот период, что подтверждается некоторым увеличением концентрации оксида азота в сушильном агенте на выходе из слоя солода. Содержащийся в сушильном агенте оксид азота солодом практически не поглощается.

Азотистая кислота и продукты ее распада способствуют накоплению в солоде нитрозаминов, расщепление которых приводит к образованию НДМА. Интенсивность образования НДМА в процессе сушки

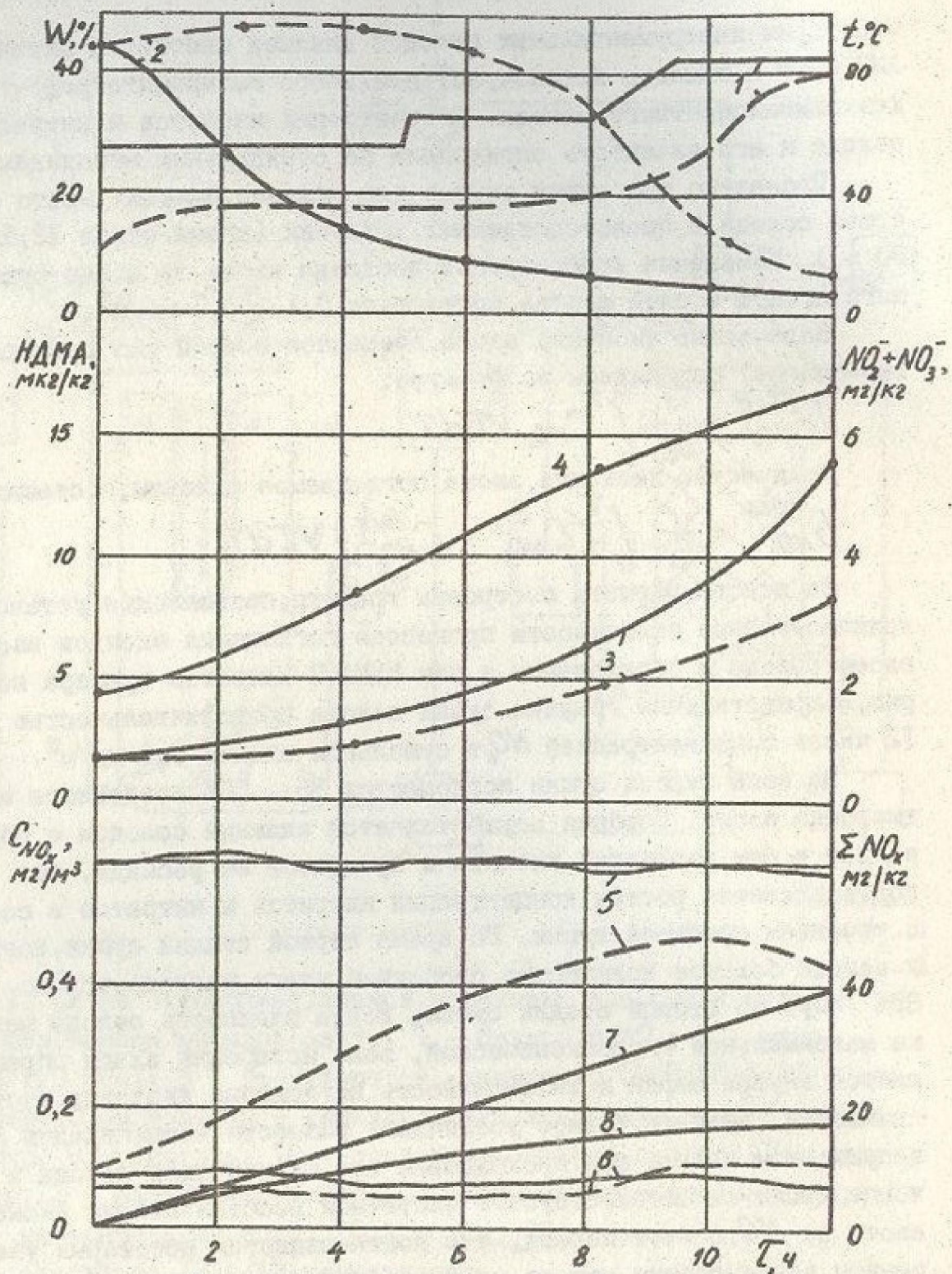


Рис.2. Сушка солода воздухом при концентрации  $\text{NO}_2 = 0,6 \text{ мг/м}^3$ .  $\tau = 12 \text{ ч}$ . 1,2 - температура и влажность солода; 3,4 - концентрации НДМА и нитритов-нитратов в солоде; 5,6 - концентрации диоксида и оксида азота в сушильном агенте; 7,8 - дозирование и поглощение диоксида азота слоем солода. (—) - нижний слой; (---) - верхний слой.

возрастает из-за увеличения содержания в солоде нитритов-нитратов и повышения температуры продукта.

Установлено, что главным фактором увеличения содержания НДМА в солоде является концентрация диоксида азота в сушильном агенте, которая не должна превышать  $0,4 \text{ мг/м}^3$ .

Третья глава посвящена изысканию методов снижения концентрации диоксида азота в сушильном агенте и разработке высокоэффективных контактных и рекуперативных теплогенераторов.

Исследование процессов образования  $\text{NO}_x$  в продуктах сгорания проводили на лабораторной установке, представляющей собой модель контактного теплогенератора, где газ сжигается по кинетическому принципу. Смешение газа с воздухом обеспечивала насадка из мелкодисперсного материала. Камера смешения отделена от камеры сгорания керамической решеткой, конструкция которой позволила стабилизировать горение смеси на наружной ее поверхности. В камере разбавления производили смешение продуктов сгорания газа с воздухом до заданной температуры сушильного агента.

Установка оснащена запорной арматурой и расходомерами, что позволяло задавать соотношения "газ-воздух" и "продукты сгорания-воздух".

При исследовании измеряли температуру факела пламени, атмосферного воздуха и продуктов сгорания. Одновременно измеряли содержание  $\text{O}_2$ ;  $\text{CO}$ ;  $\text{RO}_2$  в продуктах сгорания и концентрации оксидов азота в продуктах сгорания и сушильном агенте. Для этого использованы газоанализаторы ГХП-2, УГ-2, 654-ХЛ-01; измерительный мост с термометрами сопротивления и потенциометр с платино-платинородиевой термопарой.

Концентрацию азота в продуктах сгорания находили из соотношения

$$N_2 = 100 - (RO_2 + O_2 + CO) \dots$$

Коэффициент избытка воздуха рассчитывался по формуле

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{79 O_2}{21 N_2}}$$

Исследования проводили для диапазона изменения коэффициента избытка воздуха  $\alpha = 0,8 \dots 1,85$ .

В результате исследований установлено, что максимальные концентрации оксидов азота в продуктах сгорания достигают  $50 \text{ мг/м}^3$

и соответствуют  $\alpha = 0,9 \dots 1,05$ . В интервале  $\alpha = 1,05 \dots 1,3$  наблюдается резкое снижение концентраций оксидов азота. Дальнейшее увеличение  $\alpha$  дает более плавное снижение содержания  $NO_x$  в продуктах сгорания.

В интервале  $\alpha = 1,6 \dots 1,8$  суммарная концентрация оксидов азота в продуктах сгорания определяется диоксидом азота. Минимальные концентрации  $NO_2$  соответствуют  $\alpha = 1,6 \dots 1,8$  и составляют  $3 \dots 4$  мг/м<sup>3</sup> при суммарной концентрации  $NO_x$   $3,5 \dots 5$  мг/м<sup>3</sup>. Это в десятки раз меньше значений, имеющих место при эксплуатации существующих устройств. С разбавлением продуктов сгорания воздухом до температуры сушильного агента концентрация  $NO_2$  снижается до  $0,15 \dots 0,3$  мг/м<sup>3</sup>, что обеспечивает получение продукта с содержанием НДМА не более 10 мкг/кг. В ходе экспериментов определены конструктивные параметры горелочного устройства, исключаяющие проскок пламени внутрь камеры смешения и обеспечивающие стабильность процесса горения и полноту сгорания газа в исследуемом диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха.

По результатам экспериментов разработан теплогенератор производительностью 1,5 МДж/час. Концентрация диоксида азота в сушильном агенте составляет  $0,2 \dots 0,4$  мг/м<sup>3</sup>, содержание НДМА в солоде не превышает 10 мкг/кг, что находится в пределах допустимых норм. Экономический эффект от внедрения теплогенераторов — 113 тыс.руб. в год.

Исследование образования оксидов азота на нагретых металлических поверхностях проводили на лабораторной установке, позволяющей определить интенсивность образования  $NO_x$  от температуры стенки. Количество оксидов азота, образующееся на единице поверхности за 1 час, рассчитывали по формуле

$$G_{NO_x} = \frac{3600 (C_{NO_x}^{вых} - C_{NO_x}^{вх}) \cdot V}{F}$$

Установлено, что при температурах стенки до 600°C интенсивность образования  $NO$  и  $NO_2$  незначительна. При температуре стенки 800°C интенсивность образования  $NO$  составляет 19 мг/м<sup>2</sup>час,  $NO_2$  — 8 мг/м<sup>2</sup>час, повышение температуры стенки до 1000°C вызывает увеличение интенсивности образования соответственно  $NO$  — до 140 мг/м<sup>3</sup>,  $NO_2$  — 44 мг/м<sup>3</sup>.

С учетом полученных результатов разработан рекуперативный теплогенератор производительностью 2,0 МДж/час. В нем за счет интенсификации теплоотдачи от жаровой трубы путем ее оребрения

и увеличения скорости движения нагреваемого воздуха температура стенки не превышает  $800^{\circ}\text{C}$ , что позволяет получать сушильный агент с концентрацией оксидов азота, не превышающей ПДК  $\text{NO}_x$  для атмосферного воздуха.

В четвертой главе обоснована целесообразность предварительного нагрева атмосферного воздуха, подаваемого в теплогенератор для подготовки теплоносителя, отработавшим сушильным агентом, обладающим при относительно низких температурах ( $30 \dots 50^{\circ}\text{C}$ ) значительным теплосодержанием за счет находящихся в нем водяных паров. Показано, что для реальных условий эксплуатации целесообразна разработка рекуперативного теплообменника со стеклянными теплообменными трубами, в связи с чем необходимо установить закономерности теплообмена между средами "паровоздушная смесь-воздух" и разработать надежную методику теплового расчета теплообменника.

Установлено, что теплоотдача от паровоздушной смеси к стенке в области  $\varphi > 90\%$  сопровождается конденсацией пара практически во всем объеме аппарата. При вертикальной ориентировке труб обеспечивается интенсивный отвод конденсата. Термическое сопротивление пленки не оказывает существенного влияния на величину коэффициента теплопередачи, определяемого для данных условий теплообмена по формуле

$$K = \frac{1}{\beta_p \tau \frac{P_{cm} - P_{ct}}{t_{cm} - t_{ct}} + L_1 \frac{d_n}{d_{cp}} + \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{d_{cp}}{d_n}}$$

Разработанная методика теплового расчета теплообменника основана на применении коэффициента тепловой эффективности. Параметры рассчитываются для условной средней точки теплообменника (или участка при разбивке его на зоны), соответствующей  $1/2 Q$  или середине поверхности теплообмена.

Площадь поверхности теплообмена находили из выражения

$$F = \frac{\bar{W}_{cm}}{K} \ln \left[ 1 + \frac{Wb}{\bar{W}_{cm}} \ln(1 - \varepsilon) \right]^{-1}$$

для заданного значения коэффициента тепловой эффективности

$$\varepsilon = \frac{t_k - t_n}{t_{cm} - t_n}$$

Средний водяной эквивалент паровоздушной смеси находили по формуле

$$\bar{W}_{см} = G_{см} \cdot \bar{C}_{см} = G_{см} \frac{C_B(t_{см} - t_p) + C^*(t_p - t_{см.к})}{t_{см} - t_{см.к}}$$

Для определения величин условной теплоемкости паровоздушной смеси (теплоемкости на линии насыщения  $\varphi = 100\%$ ) и температуры точки росы ( $t_p$ ) выведены аналитические зависимости

$$C^* = \frac{dJ}{dt} = 1,0 + 0,62 \frac{\exp A}{B - \exp A} \cdot \left| 1,92 + (2495 + 1,92t) \frac{B \frac{5121,9}{(t+273)^2}}{B - \exp A} \right|$$

$$t_p = \frac{5121,9}{\frac{5121,9}{t+273} - \ln \varphi} - 273$$

Разработаны методика, алгоритм и программа расчета теплообменника на ЭВМ. По результатам расчета разработан и смонтирован в тепловентиляционной схеме солодосушки "ЛСХА" на Киевском пивзаводе "Оболонь" опытный образец теплообменника с поверхностью теплообмена  $300 \text{ м}^2$ . Для удобства монтажа и эксплуатации поверхность теплообмена расчленена на 12 модулей - унифицированных секций из пучков труб, заключенных в трубные решетки, сплошная заливка которых специальным двухкомпонентным клеем обеспечивает надежное крепление стеклянных труб и защищает поверхность решетки от коррозии.

Проведены испытания теплообменника в производственных условиях. Установлено, что определяющим фактором его эффективной работы является величина относительной влажности отработавшего сушильного агента, при полном насыщении которого коэффициент тепловой эффективности достигает значений  $\varepsilon = 0,9$  и температурный режим приближается к случаю  $t_{см} = \text{const}$ .

Коэффициент теплопередачи на рабочих режимах сушилки достигает  $60 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . На его величину в области  $\varphi < 0,8$  относительная влажность оказывает определяющее влияние. При отсутствии конденсации в рассматриваемых условиях значение коэффициента теплопередачи уменьшается в три раза. При высокой степени насы-

щения паровоздушной смеси на величину коэффициента теплопередачи в большей мере оказывает влияние теплоотдача от стенки к нагреваемому воздуху, в связи с чем для рабочих режимов избрана повышенная скорость движения нагреваемого теплоносителя.

Определено, что использование теплообменника-утилизатора для предварительного нагрева атмосферного воздуха позволяет экономить до 30% расходуемой на сушку теплоты.

В пятой главе представлены данные обследования предприятий на содержание НДМА в солоде и оксидов азота в сушильном агенте. Установлено, что содержание НДМА в солоде сверх нормируемых пределов определяется повышенной концентрацией диоксида азота в сушильном агенте, подготовленном как в контактных (Бердичевский солодовенный, Донецкий, Изюмский и др. пивзаводы), так и рекуперативных (Киевский №2 и Львовский пивзаводы) теплогенераторах.

Проанализированы затраты теплоты на сушку в солодосушилках различных конструкций. Приведены рекомендации по снижению содержания НДМА в солоде до нормируемых пределов при высоких технико-экономических показателях работы сушилок.

Предложена высокоэффективная тепловентиляционная система для подготовки сушильного агента (рис.3), включающая теплообменник для предварительного подогрева атмосферного воздуха отработавшим теплоносителем и теплогенераторы для подготовки сушильного агента с низким содержанием оксидов азота. Схема работы предусматривает рециркуляцию (для сушилок периодического действия), чем достигается более высокая степень насыщения сушильного агента влагой, и смешение продуктов сгорания с отработавшим теплоносителем, что повышает его тепловой потенциал перед теплообменником. При работе в системе контактного теплогенератора достигается дополнительный эффект снижения концентрации НДМА в солоде, так как в результате уменьшения расхода газа с применением теплообменника-утилизатора концентрация диоксида азота в сушильном агенте значительно ниже против концентрации при традиционной схеме его включения.

Разработанная тепловентиляционная система перспективна для применения в других отраслях промышленности. Например, при оснащении ею распылительных сушилок (где выше температура отработавшего сушильного агента), повышается эффективность работы тепло-

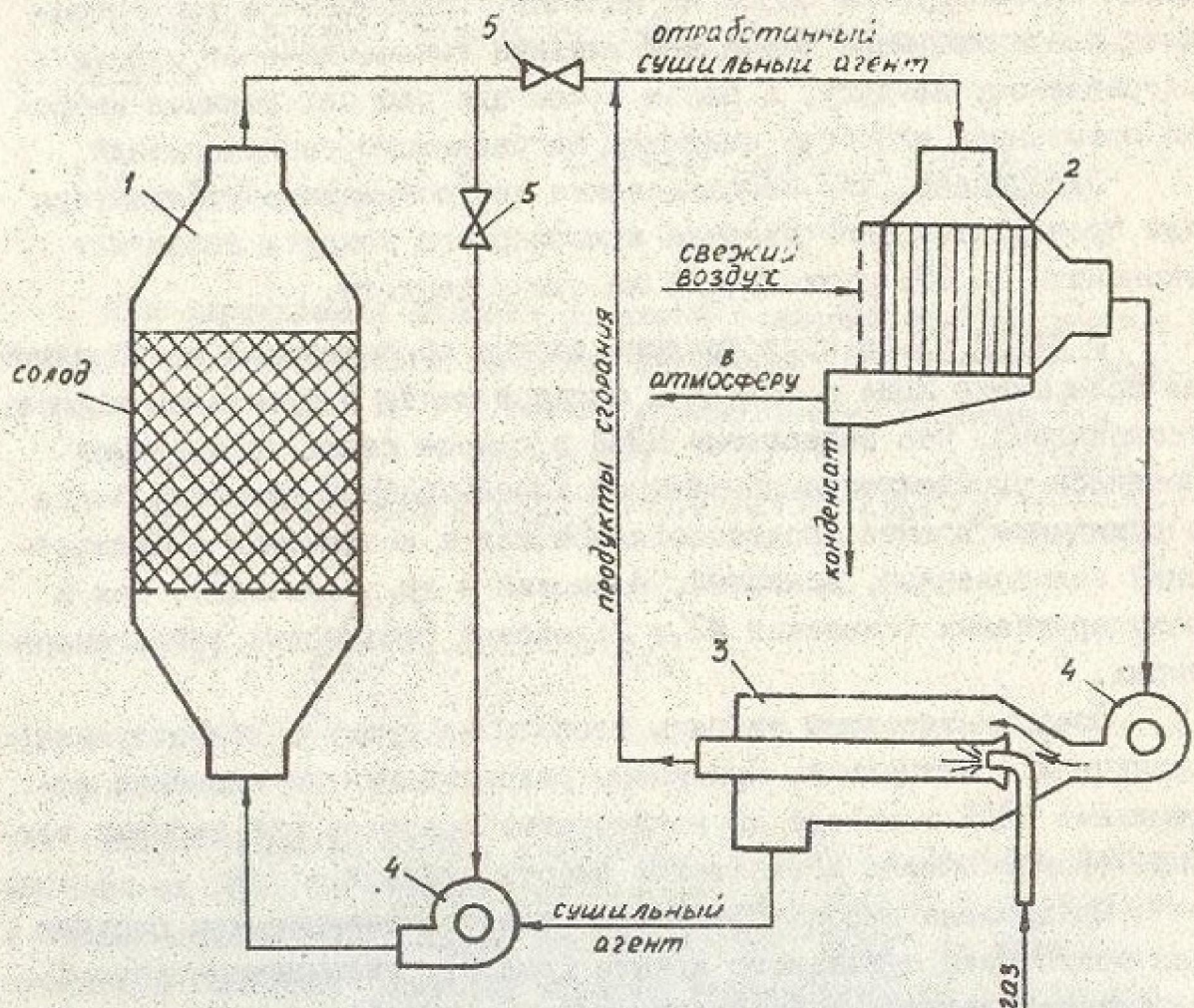


Рис. 3. Высокоэффективная тепловентиляционная система для подготовки сушильного агента: 1 - сушилка; 2 - теплообменник-утилизатор теплоты отработавшего агента; 3 - теплогенератор; 4 - вентилятор; 5 - заслонка.

обменника-утилизатора и достигается дополнительный эффект от возвращения в производство с конденсатом части уносимого теплоносителем из сушилки продукта,

Приведенные рекомендации апробированы на практике. Теплообменник-утилизатор внедрен и испытан на Киевском пивзаводе "Оболонь". На Бердичевском солодовенном заводе внедрены рекуперативный теплогенератор и опытная партия контактных теплогенераторов, на Донецком пивзаводе - контактный теплогенератор. От внедрения разработок

получен экономический (113 тыс.руб. в год) и социальный эффект. Теплогенераторы рекомендованы Госагропромом СССР и Минздравом СССР к широкому внедрению.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлена количественная связь между концентрацией диоксида азота в сушильном агенте и содержанием канцерогенного НДМА в солоде, определены предельные концентрации  $NO_2$  в сушильном агенте ( $0,2 \dots 0,4 \text{ мг/м}^3$ ), не вызывающие образования НДМА в солоде сверх нормируемых пределов.
2. Установлены зависимости содержания  $NO_x$  в продуктах сгорания газа и сушильном агенте от коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ), режимные и конструктивные параметры устройств, обеспечивающих подготовку сушильного агента с концентрацией диоксида азота не более  $0,2 \dots 0,4 \text{ мг/м}^3$ , что определяет получение солода высокого качества.
3. Определены условия и количественные характеристики процессов образования  $NO_x$  на нагретых металлических поверхностях.
4. Установлены закономерности теплообмена между средами "паровоздушная смесь-воздух" и теплоотдачи при конденсации пара из низкотемпературной паровоздушной смеси. Разработаны методика, алгоритм и программа расчета теплообменника на ЭВМ.
5. Разработаны рекуперативные и контактные теплогенераторы для получения сушильного агента с низким содержанием оксидов азота и теплообменник для утилизации теплоты отработавшего сушильного агента.
6. Установлены причины образования НДМА в солоде на предприятиях УССР. Разработаны рекомендации по снижению содержания НДМА в солоде до рекомендуемых норм.
7. Разработана высокоэффективная тепловентиляционная система для солодосушилок, применение которой позволяет снизить содержание НДМА в солоде до нормируемых пределов при сокращении затрат теплоты на сушку до  $2,2 \dots 2,7 \text{ ГДж}$  на тонну продукта.
8. Осуществлено внедрение полученных разработок в промышленность. Теплообменник-утилизатор внедрен на Киевском пивзаводе "Оболонь", рекуперативный теплогенератор и опытная партия контактных генераторов - на Бердичевском солодовенном заводе, один контактный теплогенератор - на Донецком пивзаводе. От внедрения получен экономический (113 тыс.руб. в год) и социальный эффект.

Разработки рекомендованы Минздравом СССР и Госагропромом СССР к широкому внедрению.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Пути экономии сырья и топливно-энергетических ресурсов в солодовенном производстве / В. А. Домарецкий, А. Н. Кашурин, А. С. Бессараб и др. // Тезисы докл. науч. техн. совещ. "Пути экономного расходования сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов в пиво-безалкогольной промышленности в свете решений XXVI съезда КПСС". Рязань, 1983. - М., 1983. - С. II-12.

2. Способы предотвращения образования канцерогенных нитрозаминов при сушке пищевых продуктов / А. Н. Кашурин, А. С. Бессараб, Л. В. Гуркова и др. // Тезисы докл. всесоюз. науч. техн. конф. "Совершенствование техники, технологии сушки с.-х. и пищ. продуктов в соответствии с Продовольственной программой. Сек. 5. Полтава. - М., 1984. С. 77-78.

3. Результаты ведомственных испытаний установки для получения продуктов сгорания с низким содержанием окислов азота / А. Н. Кашурин, А. С. Бессараб, Л. В. Гуркова и др. // Тезисы докл. на всесоюз. симпоз. "Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники-образование и определение в окружающей среде". - Таллин, 1984. - С. 88-89.

4. Новая технология сушки солода и теплогенератор для получения сушильного агента с низким содержанием окислов азота / А. Н. Кашурин, А. С. Бессараб, Л. В. Гуркова и др. // Проспект ВДНХ УССР "Ученые вузов - Продовольственной программе СССР". - Киев, - 1985, 4с.

5. А. с. 1216565 СССР, МКИ F 23 D 14/00. Газовая горелка / А. С. Бессараб, А. Н. Кашурин, Л. В. Гуркова (СССР) - №3768643/24-06. Заявл. 13.07.1984. Оpubл. 1986. Бюл. №9.

6. Бессараб А. С., Кашурин А. Н., Дмитренко В. И. Сорбция окислов азота и образование нитрозаминов при сушке солода в промышленных аппаратах // Тезисы докл. на респ. науч. техн. конф. "Разработка прогрессивных способов и техники сушки на основе новых достижений теории теплообмена". - Черкассы, 1987. - С. 56-57.

*А. Бессараб*  
V 016457  
a. в. 16457

Славянский технологический институт пищевой промышленности им. ... В. Ломоносова

Б И Б Л И О Т Е К А